

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation 6 :

G01B 9/02, A61B 3/10

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/35100

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum:

7. November 1996 (07.11.96)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/CH96/00172

(22) Internationales Anmeldedatum:

6. Mai 1996 (06.05.96)

(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Prioritätsdaten:

1284/95-0

4. Mai 1995 (04.05.95)

CH

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.  
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen  
Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen  
eintreffen.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MERIDIAN AG [CH/CH]; c/o Haag-Streit AG, Gartenstadtstrasse 10, CH-3098 Köniz (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CHAVANNE, Philippe [CH/CH]; Vers l'Eglise, CH-1123 Aclens (CH). SALATHE, René, Paul [CH/CH]; Chemin des Pierreires, CH-1122 Romanel-sur-Morges (CH).

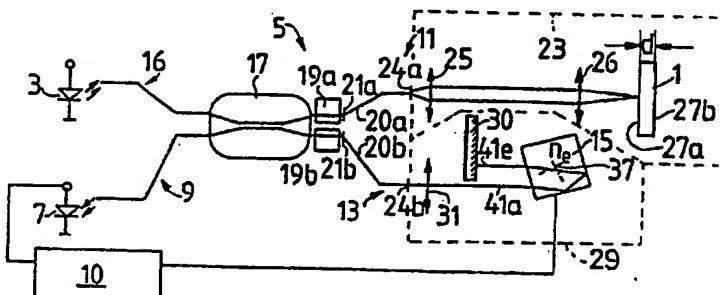
(74) Anwalt: KELLER & PARTNER PATENTANWÄLTE AG;  
Marktgasse 31, Postfach, CH-3000 Bern 7 (CH).

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING THE THICKNESS OF TRANSPARENT OBJECTS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER DICKE TRANSPARENTER GEGENSTÄNDE

(57) Abstract

The device for measuring the thickness of transparent objects (1) has a radiation source (3) with a short coherent length and a Michelson interferometer (5) the measuring branch (11) of which contains the object (1) to be measured and the reference branch of which contains a wavelength variator (15) periodically changing the optical wavelength through natural rotation. The cross-sectional area (34) of the variator (15) on which the reference beam impinges is at least quadrilateral so that the reference beam path in the variator (15) is reflected at least twice at its inner surfaces. The reference beam (41e) leaving the variator (15) can be reflected back, preferably on itself, by a fixed reflector (30) in the variator (15). The dimensions of the side surfaces of the variator (15), the point of incidence of the radiation thereon and the refractive index of the variator material may be selected so that, in a preferred embodiment, the wavelength difference achievable with the rotating variator (15) runs approximately linearly over the angle of rotation. This linearity provides a narrow bandwidth of the Doppler frequency of the radiation applied to the object (1). This narrow bandwidth of the Doppler frequency permits excellent filtration and thus ensures a low signal-to-noise ratio in the measurement signal.



BEST AVAILABLE COPY

(57) Zusammenfassung

Die Vorrichtung zur Messung der Dicke transparenter Gegenstände (1) hat eine Strahlungsquelle (3) kurzer Kohärenzlänge und ein Michelson-Interferometer (5), in dessen Meßarm (11) der auszumessende Gegenstand (1) und in dessen Referenzarm (13) ein die optische Weglänge infolge Eigenrotation periodisch veränderndes Weglängenvariationselement (15) angeordnet ist. Die Querschnittsfläche (34) des Elements (15), in welcher der Referenzstrahl zu liegen kommt, ist wenigstens viereckig, damit der Referenzstrahlengang im Element (15) wenigstens zwei Reflexionen an den Elementinnenflächen hat. Der aus dem Element (15) austretende Referenzstrahl (41e) ist durch einen feststehenden Reflektor (30) in das Element (15), bevorzugt in sich selbst rückreflektierbar. Die Abmessungen der Seitenflächen des Elements (15), der Einstrahlungsort auf diesen sowie der Brechungsindex des Elementmaterials können nun derart gewählt werden, daß in einer bevorzugten Ausführungsform die mit dem rotierenden Element (15) erreichbare Weglängendifferenz über dem Drehwinkel angenähert linear verläuft. Diese Linearität ergibt eine geringe Bandbreite der Dopplerfrequenz der den Gegenstand (1) bescheinigenden Strahlung. Diese geringe Bandbreite der Dopplerfrequenz gestattet eine ausgezeichnete Filterung und ergibt somit ein geringes Signal-Rausch-Verhältnis des Meßsignals.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

- 1 -

5

10

15

Vorrichtung zur Messung der Dicke transparenter Gegenstände

20 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Verwendung der Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 10.

25 Es ist bekannt, zur Messung der Dicke transparenter Gegenstände ein Interferometer, insbesondere ein Michelson-Interferometer, zu verwenden. Dieses Interferometer weist einen Strahlteiler, einen sog. Koppler auf, der einen von einer Strahlungsquelle ausgehenden Strahl in zwei Teilstrahlen, einen Meß- und einen Referenzstrahl, aufspaltet, welche 30 nach einer vorgegebenen Weglänge in sich zurückgesandt, im Strahlteiler überlagert und dann teilweise in die Strahlungsquelle zurückgesandt bzw. in einen Beobachtungsdetektor eingestrahlt werden. Wird nun eine Strahlungsquelle verwendet, deren Strahlung eine sehr kurze Kohärenzlänge aufweist, 35 so wird Interferenz zwischen Referenz- und Meßstrahl nur dann erhalten, wenn deren beide Wege exakt gleich lang sind. Diese Interferenz lässt sich mit dem Beobachtungsdetektor feststellen.

- 2 -

Zur Bestimmung von Abstandswerten eines Objektes, dessen Grenzfläche lediglich nur einen geringen Bruchteil der Strahlung zu reflektieren braucht, wird vom Strahlteiler 5 ausgehend nun die Länge des Referenzweges mit einer möglichst konstanten Veränderungsgeschwindigkeit variiert, bis Interferenz der Strahlung von Referenz- und Meßweg eintritt. Je nach Veränderungsgeschwindigkeit erleidet die Strahlungsfrequenz  $f$  der im Referenzweg laufenden Strahlungswelle eine 10 Dopplerverschiebung gemäß der Relation

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{2v}{c},$$

15

wobei  $f_0$  die ursprüngliche Strahlungsfrequenz,  $c$  die Lichtgeschwindigkeit und  $v$  die Geschwindigkeit der Veränderung der optischen Weglänge  $\Delta s$  - der optischen Weglängenänderung pro Zeiteinheit - ist.

20

Ist nun mit dem Beobachtungsdetektor eine Interferenzscheinung bei gleichen Wegen von Referenz- und Meßweg feststellbar, so ändert sich das Interferenzmuster gemäß der obigen Dopplerverschiebung mit der Frequenz  $\Delta f$ . Bei einer 25 streng linearen Veränderung der Weglängendifferenz ist  $\Delta f$  zeitlich konstant. Treten nichtlineare Weglängenänderungen auf, so variiert  $\Delta f$  innerhalb eines Frequenzbands.

Michelson-Interferometer, bei denen Weglängenveränderungen im Referenzweg erzeugt wurden, sind u. a. aus der 30 EP-A 0 529 603, der EP-A 0 443 477 und der EP-A 0 449 335 bekannt. In der EP-A 0 529 603 war in jedem Arm des Interferometers ein Retroreflektor angeordnet. Jeder der beiden Retroreflektoren war über einen Zahnriemen aufweisendes 35 Getriebe derart verstellbar, daß die jeweilige Vorderseite des Retroreflektors zur Oberfläche eines feststehenden Reflektors auch bei einer Abstandsänderung zu einem feststehenden Reflektor parallel blieb. Die Abstandsveränderung erfolgte nun derart, daß die optische Weglänge sich in den

- 3 -

einen Interferenzarm vergrößerte, während sie sich in dem anderen gerade verkürzte. Da die beiden Antriebe synchronisiert sein mußten, erfolgte der Antrieb über elektrische Schrittmotoren. Diese Anordnung war aufwendig und wurde zu-  
5 dem durch die elektrischen Impulse der Schrittmotoren leicht in störende mechanische Schwingungen versetzt.

In der EP-A 0 443 477 wurden pro Interferenzarm zwei zu-  
einander gegensinnig rotierende Retroreflektoren, je ein die  
10 Strahlung umlenkender weiterer Retroreflektor sowie je ein feststehender Planspiegel verwendet. Auch hier war eine Synchronisation zwischen der Rotation der Retroreflektoren notwendig, welche auch hier mit mechanischen Schwingungen ver-  
ursachenden Schrittmotoren vorgenommen wurde.  
15

Zur Veränderung der Weglängendifferenz in den beiden Interferenzarmen wurde in der EP-A 0 449 335 je eine dicke transparente, planparallele Platte verwendet. Die Platte wurde nun bei dem Hin- sowie bei dem Rückweg nach Reflexion  
20 am feststehenden Reflektor von der Strahlung einmal durch-  
laufen, wobei sich der optische Weg je nach Neigung der Platte veränderte.

Die bekannten Elemente zur Veränderung der Weglängendif-  
ferenz zwischen Meß- und Referenzstrahl weisen entweder eine  
25 komplizierte mechanische und damit erschütterungsanfällige Anordnung und/oder eine erhebliche nichtlineare Wegdiffe-  
renzänderung auf.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zu schaffen, bei der mit einer einfachen und störungssicheren Anordnung eine gute Meßgenauigkeit bei der Messung der Dicke transparenter Gegenstände erreichbar ist.

35 Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß im Gegensatz zu den bekannten Vorrichtungen im Referenzstrahlengang nicht mehr ein oder mehrere Retroreflektoren oder eine nur einfach durchstrahlte planparallele Platte verwendet wird, sondern

- 4 -

ein mehreckiges, wenigstens vier Ecken aufweisendes, transparentes, rotierendes Element verwendet wird. Die Abmessungen der Seitenflächen des Elements, der Einstrahlungsort auf diesen sowie der Brechungsindex des Elementmaterials werden

5 nun derart gewählt, daß in einer bevorzugten Ausführungsform die mit dem rotierenden Element erreichbare, sich zeitlich ändernde Weglängendifferenz über dem Drehwinkel angenähert linear verläuft.

10 Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Dickenbestimmung transparenter Medien, deren Flächen einer mechanischen Messung nicht oder nur schwer zugänglich sind. Sie gestattet auch Dickenmessungen, bei denen die Grenzflächen nur geringe Reflektivität aufweisen. Hervorzu-  
15 heben ist noch die große Abtastgeschwindigkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, welche auch Messungen an bewegten Objekten zuläßt sowie auch zur Überwachung, insbesondere zeitlich rascher materialabtragender oder -auftragender Pro-  
zesse am auszumessenden Gegenstand geeignet ist.

20

Ergänzend wird darauf hingewiesen, daß das die Weglängenänderung verursachende rotierende Element in der Meßeinheit sowie in der Referenzeinheit angeordnet werden kann, da es lediglich auf eine Weglängendifferenz in den beiden Armen (Meßarm/Referenzarm) ankommt. Auch können zwei, bevorzugt gegenläufig rotierende Elemente verwendet werden, wobei dann in jedem Arm eines angeordnet wird. Hierdurch ist eine Vergrößerung des Variationsbereichs und der Abtastgeschwindigkeit erreichbar. Die exakte Winkelstellung des Elements,  
25 welche die additive Weglänge angibt ist z. B. mittels be-  
kannter Codierscheiben ermittelbar.

30 Durch die Faltung des Strahls im Element infolge von Mehrfachreflexionen wird mit einem verhältnismäßig kleinen Raumvolumen eine große Änderungsmöglichkeit der Wegdifferenz erreicht.

Auch wird im Gegensatz zu den bekannten Vorrichtungen

nur ein einziges, einfach anzutreibendes, um eine Achse rotierendes Element verwendet. Als Antrieb kann ein erschütterungsfreier Gleichstrommotor verwendet werden. Ein zu überwachender und zu steuernder Synchronlauf mehrerer Elemente 5 entfällt somit und damit auch die Erzeugung mechanischer Erschütterung, wie sie sich durch die verwendeten Schrittmotoren bei den bekannten Vorrichtungen ergeben.

Durch die Verwendung eines Strahlungsleiters, insbesondere im Meßarm, ist eine problemlose Ankopplung des auszumessenden Gegenstands (Objekts) gegeben. Wird auch der Referenzarm mit einem Strahlungsleiter versehen, so ist eine einfache und raumsparende Wegangleichung der beiden Strahlungswege möglich. Bei Bestimmung der Dicke transparenter 15 Gegenstände wird jeweils eine Interferenz zwischen der Referenzstrahlung und der an den Oberflächen des Meßobjekts (Gegenstands) reflektierten Meßstrahlung erhalten. Der Übergang von einem Medium in ein anderes mit unterschiedlichem Brechungsindex erzeugt die reflektierte Meßstrahlung. 20

Aufgrund der unten beschriebenen Geometrie sowie einer optimierten Auswahl der Abmessungen, des Einstrahlungsorts sowie des Brechungsindexes des rotierenden Elements läßt sich eine ausgezeichnete Linearität der Weglängenänderung 25 erreichen, was wiederum eine geringe Bandbreite der Dopplerfrequenz ergibt. Diese geringe Bandbreite der Dopplerfrequenz gestattet eine ausgezeichnete Filterung und ergibt somit ein großes Signal-Rausch-Verhältnis. Aufgrund dieses großen erreichbaren Signal-Rausch-Verhältnisses ist es möglich, Dicken von transparenten Gegenständen auszumessen, bei 30 denen eine Brechungsindexänderung zwischen dem Material des auszumessenden Objekts und der Umgebung sehr gering ist. Die unten beschriebene Meßanordnung ist derart empfindlich, daß die Dicken von Objekten bestimmbar sind, welche z. B. an der 35 Vorderfläche eine Strahlungsreflexion von 4% und an der Hinterfläche einen Reflexionsgrad von lediglich  $10^{-8}$  aufweisen. Auch kann der Reflexionsgrad der Vorderfläche hoch, wie z. B. bei einem Metallspiegel sein; es ist eine Messung

- 6 -

durch diesen Metallspiegel hindurch möglich. Auch bei einer kleinen Vorderflächenreflexion und einer großen Hinterflächenreflexion kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung gearbeitet werden. Die Erfindung eignet sich insbesondere zum 5 Ausmessen der Kornea des menschlichen Auges, welche eine Vorderflächenreflexion von  $2,5 \%$  und eine Hinterflächenreflexion von  $2,2 \cdot 10^{-4}$  hat.

10 Im folgenden werden Beispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgenden Beschreibungstext. Es zeigen:

15 Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Messung der Dicke transparenter Gegenstände,

20 Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung des Weglängenvariantelementes mit Reflektor im Referenzarm der in Figur 1 dargestellten Vorrichtung, wobei gerade eine Seite des Weglängenvariantelementes parallel zur Reflektoroberfläche steht,

25 Fig. 3 eine zur Figur 2 analoge Darstellung des Elements mit Strahlengang, jedoch gegenüber der Darstellung in Figur 2 um  $20^\circ$  und in

30 Fig. 4 um  $40^\circ$  verdreht, wobei die Beschichtungen 40a bis 40d in den Figuren 2 bis 4 zur Kenntlichmachung stark hervorgehoben sind,

35 Fig. 5 in der oberen Abbildung die Weglängendifferenz  $\Delta s$  [mm] über den Drehwinkel  $\alpha$  des Elements mit einer Seitenlänge  $l_k$  von 30 mm, einem Abstand  $e$  von 13 mm und einem Brechungsindex  $n_e$  des Materials des Elements von 1,5, wobei die gestrichelten Kurvenwerte Werte angeben, welche mit den in den Figuren 2 bis 4 gezeigten Elementen nicht erreichbar sind, da die Elementoberflächen ausgehend von jeweils einer Ele-

mentkante eine teilweise Reflexbeschichtung aufweisen; die untere Kurve zeigt die hierzu gehörende Weglängenänderung  $\Delta s/t$  in Abhängigkeit des Drehwinkels,

5

Fig. 6 eine zu Figur 5 analoge Darstellung, jedoch für einen Brechungsindex von  $n_e = 2,5$ ,

10

Fig. 7 eine zu den Figuren 3 bis 4 analoge Darstellung für ein Oktogon als Weglängenvariationselement und

Fig. 8 die zur Figur 5 analoge Darstellung für das in Figur 7 dargestellte Weglängenvariationselement.

15

Die in Figur 1 als Blockschaltbild dargestellte Vorrichtung zur Messung der Dicke  $d$  eines transparenten Gegenstands 1 hat als Strahlungsquelle 3 mit sehr kurzer Kohärenzlänge im Bereich von etwa 10 bis 15  $\mu\text{m}$  eine Super-Lumineszenzdiode, ein Michelson-Interferometer 5 und im Beobachtungsarm 9 einen mit einer Auswerteeinheit 10 zusammenarbeitenden Strahlungsdetektor 7. Im Meßarm 11 des Interferometers 5 ist der Gegenstand 1 und im Referenzarm 13 ein in Rotation versetzbare Weglängenvariationselement 15 angeordnet.

Die Meß-, Referenz-, Beleuchtungs- und Beobachtungsarme 11, 13, 16 bzw. 9 sind über einen 50/50%-Koppler 17 miteinander verbunden. Im Meß- und Referenzarm 11 und 13 ist vor dem Anschluß an den Koppler 17 je eine Polarisationskontrolleinheit 19a bzw. 19b angeordnet. An die Polarisationskontrolleinheit 19a im Meßarm 11 ist ein Strahlungsleiter 20a mit einer lösbarer Kupplung 21a angeschlossen, der zu einer Meßeinheit 23 führt. Die Meßeinheit 23 ist mit dem anderen Ende des Strahlungsleiters 20a ebenfalls über eine lösbarer Kupplung 24a verbunden. Die Meßeinheit 23 hat eine Linse 25 zur Kollimierung der durch den Strahlungsleiter 20a geführten Strahlung sowie eine Fokussierlinse 26 zur Fokus-

sierung der ausgesandten Strahlung und zum Sammeln der von den Gegenstandsoberflächen 27a und 27b reflektierten Strahlung. Die Fokussierlinse 26 wird bevorzugt derart angeordnet, daß hier Strahlung von der hinteren Oberfläche 27b mit 5 dem sehr kleinen Reflexionsgrad - siehe bevorzugter Verwendungszweck - gebündelt wird.

An die Polarisationskontrolleinheit 19b des Referenzarms 13 ist ebenfalls ein Strahlungsleiter 20b mit einer 10 lösbarer Kupplung 21b angeschlossen, der zur Referenzeinheit 29 mit dem Weglängenvariationselement 15 und einem nachgeschalteten Reflektor 30 führt. Das andere Ende des Strahlungsleiters 20b ist ebenfalls mit der Referenzeinheit 29 über eine lösbare Kupplung 24b verbunden. In der Referenzeinheit 29 wird die durch den Strahlungsleiter 20b geführte Strahlung mit einer Linse 31 kollimiert in das Element 15 eingestrahlt.

Die Strahlungsführung im Referenz- und im Meßarm 13 und 20 11 wird bevorzugt derart gewählt, daß die Unterschiede in der Dispersion in beiden Armen 11 und 13 vernachlässigbar ist, damit keine Verbreiterung des Interferenzsignals auftritt.

25 In den Figuren 2 bis 4 sind Anordnungen des Weglängenvariationselementes 15 mit Reflektor 30 in gegenüber Figur 1 vergrößerter Darstellung gezeigt. Das Element 15 ist durch einen nicht dargestellten Antrieb in Rotation, gemäß Pfeil 33, versetzbare. Die Querschnittsfläche 34 des Elements 15, in welcher der Referenzstrahl 41b, 41c und 41d im Element 15 zu liegen kommt, weist vier Ecken 35a bis 35d auf und ist in dem hier ausgewählten Beschreibungsbeispiel quadratisch ausgebildet, d. h. das Element ist ein gerader Zylinder mit quadratischer Grundfläche. Die Rotationsachse 37 ist mit der Achse des Zylinders identisch. Jede Zylindermantelfläche 39a bis 39d des Elements 15a ist mit einer teilweisen Beschichtung 40a bis 40d versehen, welche derart ausgewählt ist, daß sie die im Element 15 befindlichen Strah-

len 41c bzw. die rückreflektierten Strahlen 41d der Strahlung optimal reflektiert. Am Reflexionsort des Strahls 41b bzw. des rückreflektierten Strahls 41c wird an der hier beispielweise gezeichneten Wand 39b keine Reflexionsbeschichtung benötigt, da hier Totalreflexion erfolgt. Die Beschichtungen 40a bis 40d beginnen jeweils an den Ecken (Kanten) 35a bis 35d und erstrecken sich über eine Distanz  $\alpha$  in die betreffende Seitenfläche 39a bis 39d hinein. Ausgehend von jeder Kante 35a bis 35d ist jeweils nur eine der beiden anstoßenden Seiten beschichtet, und zwar jeweils nur immer diejenige, auf der der reflektierte mit dem einfallenden Strahl einen spitzen Winkel bildet, siehe hierzu insbesondere Figur 3.

Bei der in Figur 2 dargestellten Augenblicksstellung des rotierenden Elements 15 ist dessen Seite 39a parallel zur Oberfläche des Reflektors 30 stehend dargestellt. Der in das Element 15 eintretende Referenzstrahl 41a ist derart geführt, daß er gerade an der in den Figuren 2, 3 und 4 rechten Kante 42 des Reflektors 30 vorbeiführbar ist. Der Abstand  $e$  von der Reflektorkante 42 ist gerade so groß gewählt, daß er nur geringfügig kleiner als die halbe Würfekante ist. Bei dem hier gewählten Zahlenbeispiel mit einer Flächenbreite  $l_k$  von 30 mm, wird der Referenzstrahl 41a in einem Abstand  $e$  von 13 mm von der zentralen Rotationsachse 37 und in einem Abstand von etwa 3 mm von der Reflektorkante 42 entfernt eingestrahlt.

Figur 3 zeigt das Element 15 gegenüber der Darstellung in Figur 2 in einer um einen beispielsweise Winkel  $\alpha$  von 20° verdreht. Der Strahl 41a dringt unter Brechung als Strahl 41b in das transparente Medium des Elements 15 ein und wird an der Fläche 39b total reflektiert. Der auftreffende und der reflektierte Strahl 41b und 41c bilden miteinander einen stumpfen Winkel. Der reflektierte Strahl 41c trifft auf die Innenseite der Fläche 39c und wird dort durch den beschichteten Bereich 40c als Strahl 41d in Richtung Fläche 39a parallel zum Strahl 41b reflektiert. Die beiden

- 10 -

Strahlen 41c und 41d bilden einen spitzen Winkel miteinander. Der auf die Fläche 39a auftreffende Strahl 41d wird gebrochen, trifft als Strahl 41e senkrecht auf den Reflektor 30 und wird dort unter Totalreflexion wieder in sich

5 selbst zurückreflektiert, so daß der am Reflektor 30 reflektierte Strahl am Ort des Eintritts des Strahls 41a mit der selben Richtung wie der Strahl 41a diesen verläßt. Wie im Vergleich der Figuren 3 und 4 zu ersehen ist, wandert der

10 Reflexionspunkt des Strahls 41e auf dem Reflektor 30 hin und her.

Die Weglängenveränderung  $\Delta s$  infolge der Rotation des Elements 15 setzt sich nun aus dem doppelten Weg der sich ändernden Weglängen der Strahlen 41a bis 41e zusammen. Für

15 die Strahlen 41b bis 41d ist zu beachten, daß sich deren Weglängen durch den Brechungsindex  $n$  des Mediums, in dem sie laufen, erhöht sind. Gemäß Figur 4 ist eine Weglänge  $s$  abhängig vom Drehwinkel  $\alpha$ , vom Abstand des Strahleintritts  $e$ , vom Brechungsindex  $n_e$  und der Flächenbreite  $l_k$  der Flächen 39a bis 39d. Die unten berechnete Weglänge  $s$  beginnt und endet an den gestrichelten Geraden A-D in Figur 4, welche die in Figur 2 gezeigte Lage des Elements 15 wieder-

20 gibt.

25 
$$s = n_e \cdot (41b + 41c + 41d) + CD + AB$$

Da  $41b + 41c = 41d$  ist, folgt

30 
$$s = 2 \cdot n_e \cdot 41d + CD + AB,$$

wobei die Strecke  $41d = l_k \cdot [1 - (\sin \alpha)^2 / n_e^2]^{-\frac{1}{2}}$

die Strecke CD

35 
$$CD = \frac{z_{CD,1} \cdot z_{CD,2}}{N_{CD}}$$

mit

- 11 -

$$N_{CD} = n_e \cdot [1 - \sin^2/n_e^2]^{1/2} + \frac{1}{2} [l_k - l_k \cdot \tan(\alpha/2)] \cdot \tan \alpha,$$

$$Z_{CD,1} = -2 \cdot \sin^2 \cdot (l_k - n_e \cdot \sin \alpha) \cdot (1 - \sin^2/n_e^2)^{1/2},$$

5

$$Z_{CD,2} = [l_k/2 + l_k \cdot \tan(\alpha/2)/2 - \cos \alpha] \cdot [l_k/2 - l_k \cdot \tan(\alpha/2)/2]$$

und die Strecke AB =  $\frac{1}{2} \cdot [l_k - (l_k \cdot \tan(\alpha/2)) \cdot \tan \alpha]$ .

10 Die Parameter  $e$ ,  $l_k$  und  $n_e$  lassen sich nun derart optimieren, daß für einen vorgegebenen Winkelbereich  $\alpha$  eine an-  
nähernd lineare Weglängenänderung  $v$  als Wegdifferential er-  
reichbar ist, wie die Figuren 5 und 6 zeigen. Die Weglängen-  
variation als zeitliche Ableitung der Weglängenänderung er-  
15 gibt sich zu

$$v = \frac{ds}{dt} = w \cdot \frac{ds}{da},$$

20

wobei  $w$  die Winkelgeschwindigkeit des rotierenden Ele-  
ments 15 ist. Die ermittelte zeitliche Weglängenänderung  $v$  und die mit dem Strahlungsdetektor meßbare Differenzfrequenz  $\Delta f$  sind über die Relation

25

$$\Delta f = \frac{2 \cdot f_0 \cdot v}{c}$$

30 miteinander verknüpft.

Die Weglängenvariation  $v$  ergibt sich zu

$$35 v = \frac{Z_{v,1} - Z_{v,2} \cdot Z_{v,3} - Z_{v,4} \cdot Z_{v,5}}{N_{v,1} \cdot N_{v,2}} - Z_1 -$$

$$40 \cdot 2 \cdot \sin^2/n_{v,2}^2 \cdot [Z_{v,3} \cdot \cos \alpha + Z_{v,6} \cdot Z_{v,7} \cdot (Z_{v,8} - Z_{v,6})]$$

mit

- 12 -

$$Z_{v,1} = \frac{2 \cdot l_k \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{n_e [1 - \sin^2 \alpha / n_e^2]^{3/2}} + 2 \cdot \cos \alpha^{-2} \cdot \frac{1}{2} \cdot l_k [1 - \tan(\alpha/2)];$$

5

$$Z_{v,2} = 2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha^3 \cdot [l_k - n_e \cdot \sin \alpha^{-1} \cdot (1 - \sin^2 \alpha / n_e^2)^{1/2}];$$

$$Z_{v,3} = l_k / 2 \cdot [(1 + \tan(\alpha/2) - \cos \alpha^{-1} \cdot (1 - \tan(\alpha/2))];$$

$$10 \quad N_{v,1} = n_e \cdot (1 - \sin^2 \alpha / n_e^2)^{3/2};$$

$$Z_{v,4} = 4 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot (l_k - n_e \cdot \sin \alpha^{-1} \cdot (1 - \sin^2 \alpha / n_e^2)^{1/2});$$

$$Z_{v,5} = l_k / 2 \cdot [1 + \tan(\alpha/2) - \cos \alpha^{-1} \cdot (1 - \tan(\alpha/2))];$$

15

$$N_{v,2} = n_e \cdot (1 - \sin^2 \alpha / n_e^2);$$

$$Z_1 = \frac{1}{2} \cdot [l_k \cdot \sin(\alpha/2)^{-2} \cdot \tan \alpha];$$

$$20 \quad Z_{v,6} = n_e \cdot \cot \alpha \cdot \cos \alpha^{-1} \cdot (1 - \sin^2 \alpha / n_e^2);$$

$$Z_{v,7} = Z_{v,3} - n_e \cdot \cos \alpha^{-1} \cdot (1 - \sin^2 \alpha / n_e^2)^{1/2};$$

$$Z_{v,8} = l_k / 4 \cdot [\sin(\alpha/2)^{-2} + (\sin(\alpha/2)^{-2} \cdot \sin \alpha^{-1})];$$

25

$$Z_{v,9} = l_k / 2 \cdot \sin \alpha^{-1} \cdot \tan \alpha \cdot [1 - \tan(\alpha/2)].$$

Um einen kompakten Aufbau zu erreichen, wird der Abstand des Reflektors 30 von der Rotationsachse 37 des Elements 15 gerade so groß gewählt, daß ein störungsfreies Vorbeiroten der Kanten 35a - d gegeben ist.

Wird auf die Beschichtungen 40a bis 40d verzichtet, so kann gegenüber der Darstellung in den Figuren 5 und 6 ein größerer Drehwinkelbereich  $\alpha$  des Elements 15 ausgenutzt werden. Die für die Interferenz zur Verfügung stehende Intensität ist dann allerdings geringer, aber noch ausreichend, da aufgrund der guten Linearität der Wegdifferenzänderung  $\Delta s/t$  eine gute Filtermöglichkeit gegeben ist.

Mehrfachreflexionen, welche neben den in den Figuren 3 und 4 gezeigten Strahlwegen liegen, stören nicht, da sie aufgrund der guten Blendenwirkung der Einkopplung in den 5 Strahlleiter 20b nicht in diese gelangen.

Zur Signalauswertung wird das mit dem Strahlungsdetektor 7 empfangene Strahlungssignal in ein elektrisches Signal umgewandelt. Dabei wird mit dem Versuchsaufbau die elektrisch Frequenz, welche der Dopplerfrequenzverschiebung  $\Delta f$  der Strahlung entspricht, herausgefiltert und nur diese verarbeitet, um ein möglichst hohes Signal-Rausch-Verhältnis zu erreichen. Die minimale Bandbreite wird durch die inverse Meßzeit für eine halbe Kohärenzlänge der Strahlungswelle bestimmt. Die Signalauswertung erfolgt in Abhängigkeit der mit einem Winkelgeber vom Element 15 abgenommenen Winkellage des Drehwinkels  $\alpha$ , welche einer bestimmten Stellung des Elements 15 und damit einer vorgegebenen Wegdifferenz  $\Delta s$  entspricht.

20 Falls die verbleibende Nichtlinearität im Ausdruck  $ds/d\alpha$  zu größeren Bandbreiten führt, kann entweder mit größeren Filterbandbreiten gearbeitet werden, welche ein reduziertes Signal-Rausch-Verhältnis nach sich ziehen, oder es wird der 25 benutzte Winkelbereich so weit reduziert, bis die minimale Bandbreite wieder erreicht wird. Die letzt genannte Möglichkeit bewirkt eine Verkleinerung des Meßbereichs, welcher aber mit einer Vergrößerung der Würfelkantenlänge  $l_k$  kompensiert werden kann.

30 Befindet sich nun ein für die Strahlung der Strahlungsquelle 3 transparenter Gegenstand 1 im Meßarm 11, so wird jedesmal dann ein elektrisches Signal mit der Frequenz  $\Delta f$  der Dopplerfrequenzverschiebung erhalten, wenn die Wege im Meß- und im Referenzarm 11 und 13 gleich lang sind. Die mit dem Element 15 erzeugbare Weglängendifferenz  $\Delta s$  muß deshalb mindestens so groß sein wie die Dicke  $d$  des auszumessenden Gegenstands unter Berücksichtigung des Brechungsexponenten  $n_g$

- 14 -

bzw.  $n_e$  für den Gegenstand 1 und für das Element 15.

In den Figuren 5 und 6 sind die mit dem obigen Beispiel  
erreichbaren Wegdifferenzen  $\Delta s$  sowie in der jeweils darun-  
5 terliegenden Abbildung die die Weglängenänderung pro Sekunde  
(Zeiteinheit)  $\Delta s/t$  bei 2,5 Hz Rotationsfrequenz des Ele-  
ments 15 über dem Drehwinkel  $\alpha$  aufgetragen. Je nach der  
Breite  $a$  der Beschichtungen 40a bis 40d beginnen die tat-  
sächlichen Werte für die Wegdifferenz  $\Delta s$  sowie für die Weg-  
10 längenänderung pro Sekunde  $\Delta s/t$  bei höheren Winkelwerten  
(z. B. im Fall von Figur 3 erst bei etwa 20°) und enden be-  
reits bei tieferen als 90° (z. B. etwa 50° im Beispiel).  
Wird auf die Beschichtungen 40a bis 40d verzichtet, so kön-  
nen größere Winkelbereiche erreicht werden.

15

Ein Brechungsindex von  $n_e = 1,5$  bzw. 2,5 für das Medium  
des Elements 15 ist in den Figuren 5 bzw. 6 Parameter. Aus  
den Figuren 5 und 6 ist zu entnehmen, daß für das obige Bei-  
spiel mit einem Brechungsindex  $n_e$  des Mediums von  $n_e = 2,5$   
20 eine gute Linearität der Weglängenänderung pro Sekunde mit  
einer Abweichung von lediglich etwa nur 3% erreichbar ist.

Durch die Verwendung der beiden Strahlungsleiter 20a und  
25 20b kann nun ein Gegenstand in einem nahezu beliebigen Ab-  
stand vom Koppler 17 und der dazugehörenden Auswerteein-  
heit 10 ausgemessen werden. Wird z. B. die Dicke der mensch-  
lichen Kornea bestimmt, so werden bevorzugt der Koppler 17,  
die beiden Polarisationskontrolleinheiten 19a und 19b, die  
Strahlungsquelle 3, der Strahlungsdetektor 7, der Reflek-  
30 tor 30, die Linse 31, das Element 15 und die Auswerteein-  
heit 10 in einem Gerät untergebracht, in welches zur Wegan-  
passung dann ein vorgegebener Strahlungsleiter 20b ankoppel-  
bar ist. Die Meßeinheit 23 wird dann unmittelbar vor das  
menschliche Auge gesetzt und über den Strahlungsleiter 20a  
35 passender Länge mit dem Gerät verbunden.) Anstelle der  
menschlichen Kornea können selbstverständlich auch andere  
transparente Gegenstände, wie z. B. Folien, Beschichtungen,  
Platten, Plattenstapel etc. ausgemessen werden.

- 15 -

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann nicht nur die Dicke  $d$  einer "Platte", d. h. nicht nur der Abstand von Reflexionen an zwei Oberflächen bestimmt werden, es können

5 auch die Abstände mehrerer übereinanderliegender Oberflächen bestimmt werden. Auch können mit der Vorrichtung Distanzen zu Grenzflächen in einem diffusen Medium oder Ausdehnungen diffuser Zonen bestimmt werden.

10 Anstatt des oben beschriebenen viereckigen Würfels als Element 15 können auch andere Zylinder mit einer mehreckigen, ein regelmäßiges Vieleck bildenden Querschnittsfläche, in der der Referenzstrahl zu liegen kommt, verwendet werden. In Figur 7 z. B. ist ein Oktagon 43 dargestellt. Hierbei ist

15 jedoch ein zum Reflektor 30 analoger Reflektor 44 nicht mehr auf der Seite des in das Element eintretenden Strahls 41a angeordnet, sondern hierzu um  $90^\circ$  versetzt. Figur 8 zeigt ein zu Figur 6 analoges Diagramm für das Oktagon 43 in Figur 7. Die Rotationsfrequenz beträgt hierbei 4 Hz, der Bre-

20 chungsindex  $n_e = 2,5$  (ZnSe) und der Abstand  $e$  des eintretenden Strahls 41a von der Rotationsachse 45 beträgt  $e = 12$  mm und die Flächenbreite  $l_0 = 30$  mm. Bevorzugt werden hier die Zylindermantelflächen 46 mit einer Beschichtung versehen, deren Reflexionsgrad stark vom Einfallswinkel des Strahls

25 abhängt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Messung der Dicke transparenter Gegenstände (1), mit einer Strahlungsquelle (3) kurzer Kohärenzlänge und einem Michelson-Interferometer (5), in dessen Meßarm (11) der auszumessende Gegenstand (1) einbringbar ist, sowie einem die optische Weglänge infolge Eigenrotation periodisch verändernden Weglängenvariationselement (15) im Meß- und/oder Referenzarm (11, 13), dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche (34) des den vom Interferometer (5) ausgehenden Strahl (41b - 41d) aufnehmenden Weglängenvariationselementes (15) wenigstens viereckig ist, der Strahl (41b - 41d) im Element (15) wenigstens zwei Reflexionen an den Elementinnenflächen hat und wenigstens eine Teilintensität des aus dem Element (15) austretenden Strahls (41e) durch dieses (15), bevorzugt in sich selbst rückreflektierbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die den Strahl (41b - 41d) aufnehmende Querschnittsfläche (34) des Elements (15) ein regelmäßiges Vieleck ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotationsachse (37) des Elements (15) senkrecht auf der den Strahl (41b - 41d) aufnehmenden Querschnittsfläche (34) steht und der Strahleintrittsort des vom Koppler (17) des Interferometers (5) kommenden Strahls (41a) in das Element (15) zur Rotationsachse (37) um einen vorgegebenen Abstand (e) seitlich versetzt angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (30) des Referenzarms (13) derart seitlich versetzt ist, daß der vom Koppler (17) kommende Strahl (41a) oder der auszumessende Gegenstand (1) gerade noch das Element (15) trifft.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelflächen (39a - 39d) des Elements (15) wenigstens teilweise vergütet sind, wobei bevorzugt jeweils nur ein Mantelflächenbereich (40a - 10 40d), beginnend an jeder Mantelkante (35a - 35d), für nur denjenigen innerhalb des Elements (15) reflektierbaren Strahl (41c, 41d), der mit dem dazugehörigen einfallenden Strahl (41b, 41c) einen spitzen Winkel bildet, reflektierend beschichtet ist, um eine möglichst verlustvermindernde Strahlführung zu erreichen.
- 15 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bevorzugt nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Brechungsindex (n) des Elements (15), dessen Abmessungen (l) und bevorzugt der seitliche Versatz (e) des in das Element (15) einzustrahlbaren Strahls (41a) derart ausgewählt werden, daß die Weglängenänderung in Abhängigkeit des Rotationswinkels ( $\alpha$ ) des Elements (15) möglichst konstant ist.
- 20 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenz- und/oder der Meßarm (13, 11) zwischen dem Koppler (17) und einer Meß- und/oder Referenzeinheit (23, 29) einen, bevorzugt je einen Strahlungsleiter (20a, 20b) mit einer Polarisationskontrolleinheit (19a, 19b) hat bzw. haben, um insbesondere die Meßstrahlung auf einfache Art und Weise auch an auszumessende Gegenstände (1) mit unterschiedlicher geometrischer Lage zum Koppler (17) bzw. zu den restlichen Teilen der Vorrichtung heranzubringen.
- 25 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß optische Wegstrecken in Luft, Geometrie und Material der Strahlungsleiter (20a, 20b), sowie sämtlicher optischen Elemente (19a, 19b, 25, 26, 31, 15) im Referenz- und Meßarm (13, 11) derart ausgewählt sind, daß ein Unterschied in der Dispersion in beiden Armen (13, 11) ver-

- 18 -

nachlässigbar ist und in bevorzugter Weise die Strahlungsleiter (20a, 20b) auswechselbar angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, gekennzeichnet durch  
5 je einen Kollimator (25, 31), mit dem die aus den Strahlungsleitern (19a, 19b) in die Referenz- und Meßeinheit (29, 23) des Referenz- bzw. Meßarms (13, 11) austretende Strahlung (41a) kollimierbar ist, eine Fokussierlinse (26), mit der die kollimierte Strahlung in der Meßeinheit auf den Gegenstand (1) fokussierbar ist, und insbesondere eine frequenzselektive Signalauswerteeinheit (10), mit der lediglich die mit dem Weglängenvariations-element (15) durch Überlagerung der Referenz- und Meßstrahlung im Koppler (17) erzeugte Dopplerfrequenz in  
10 Abhängigkeit des Drehwinkels ( $\alpha$ ) des Elements (15) zur Erhöhung des Signal-Rausch-Abstandes verarbeitbar ist.
- 15
10. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Gegenstand (1) die Kornea eines insbesondere lebenden Auges ist.  
20

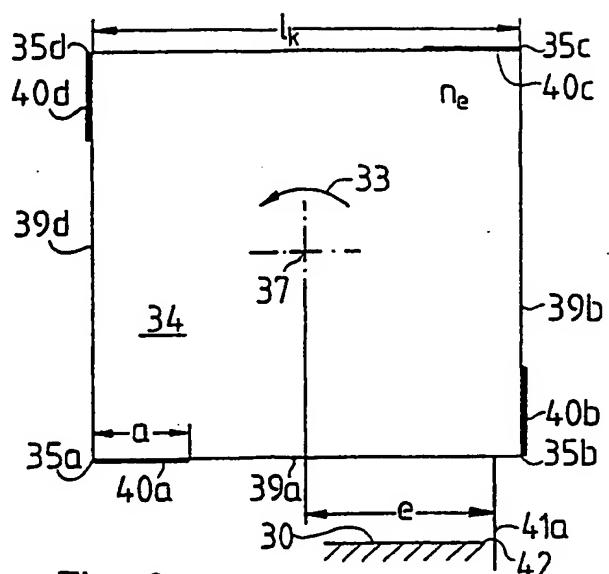


Fig. 2

1/3

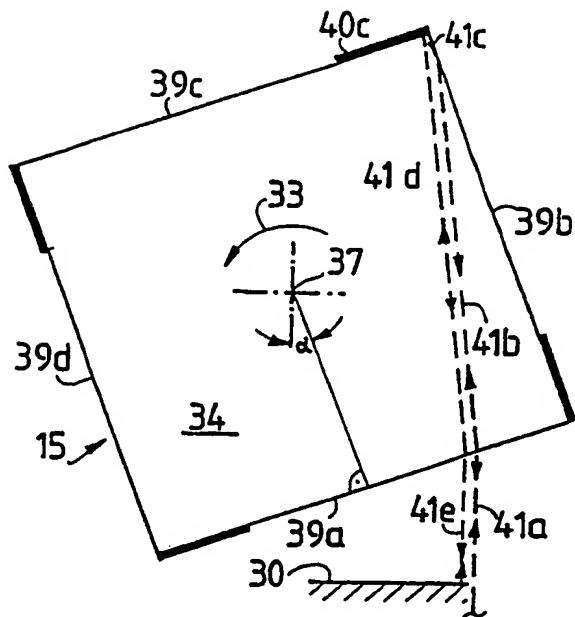


Fig. 3

Fig. 4

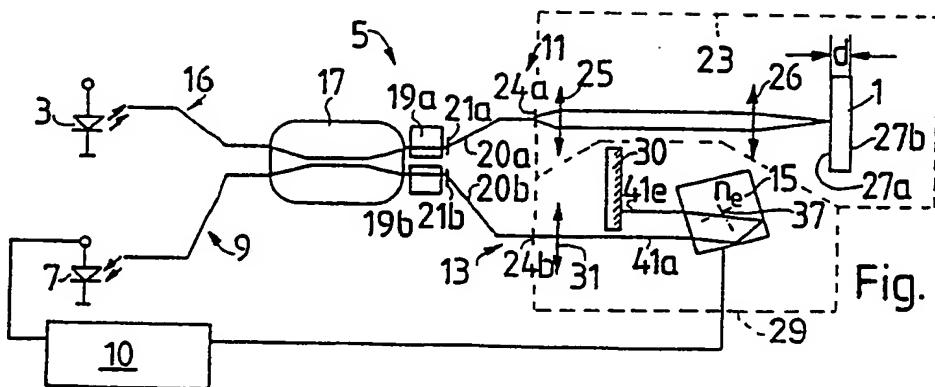
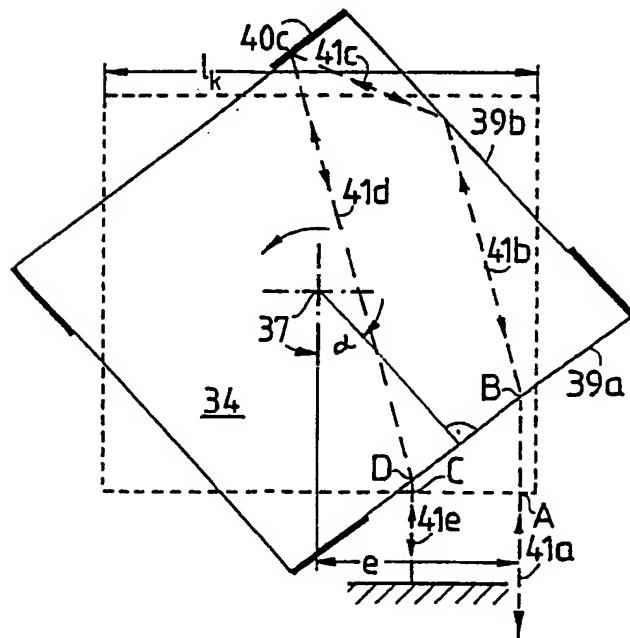
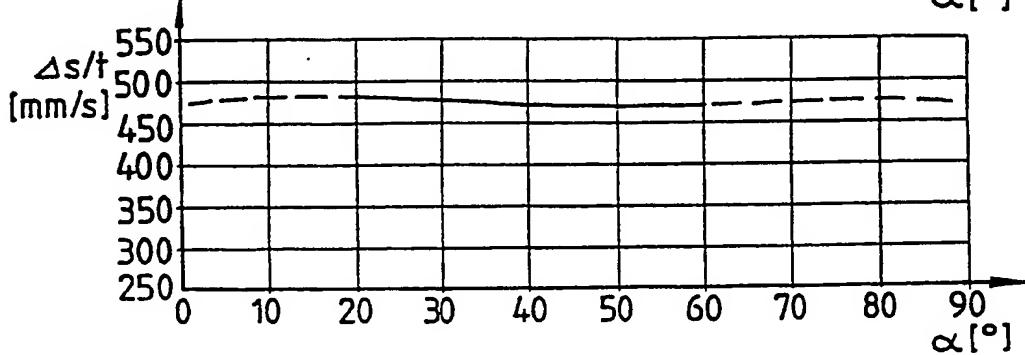
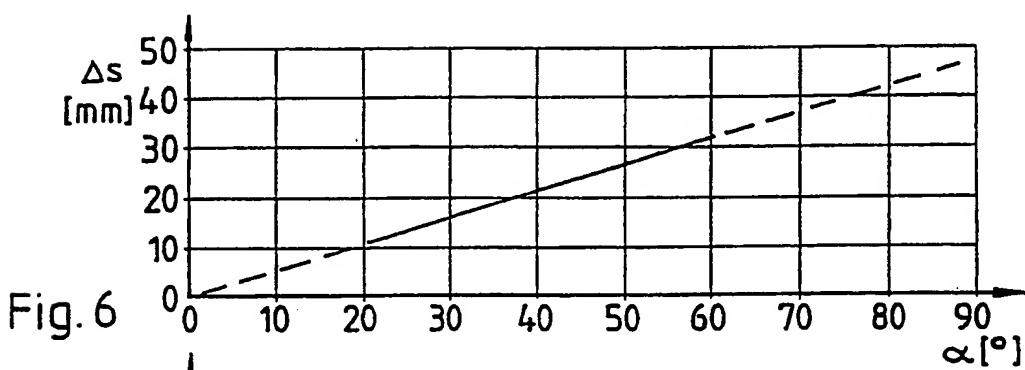
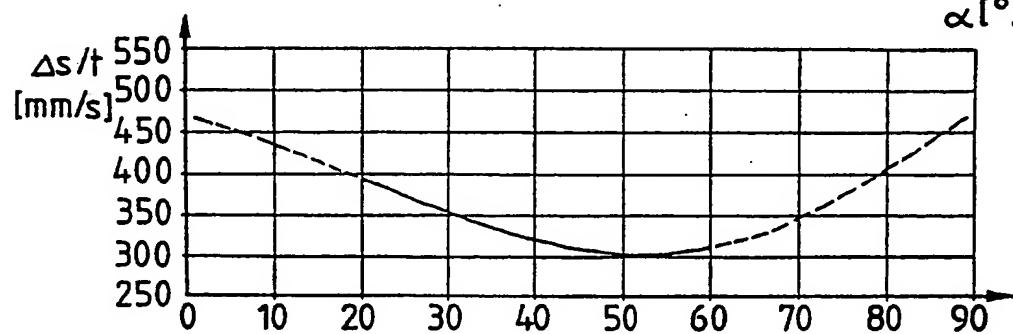
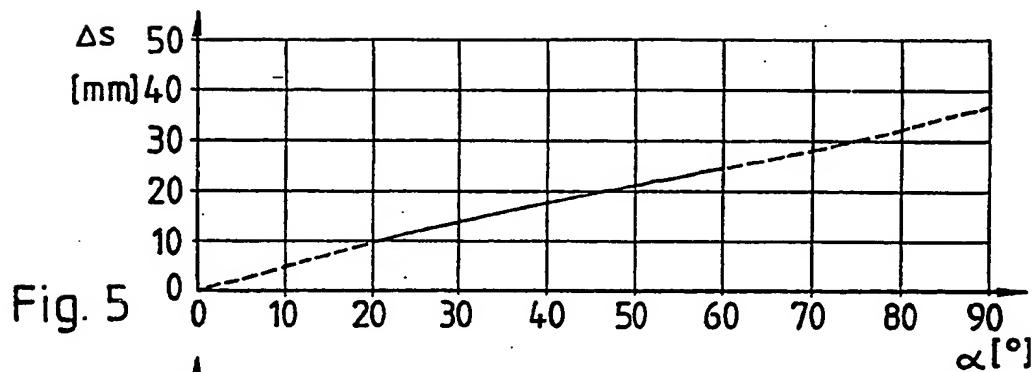


Fig. 1

2/3



3/3

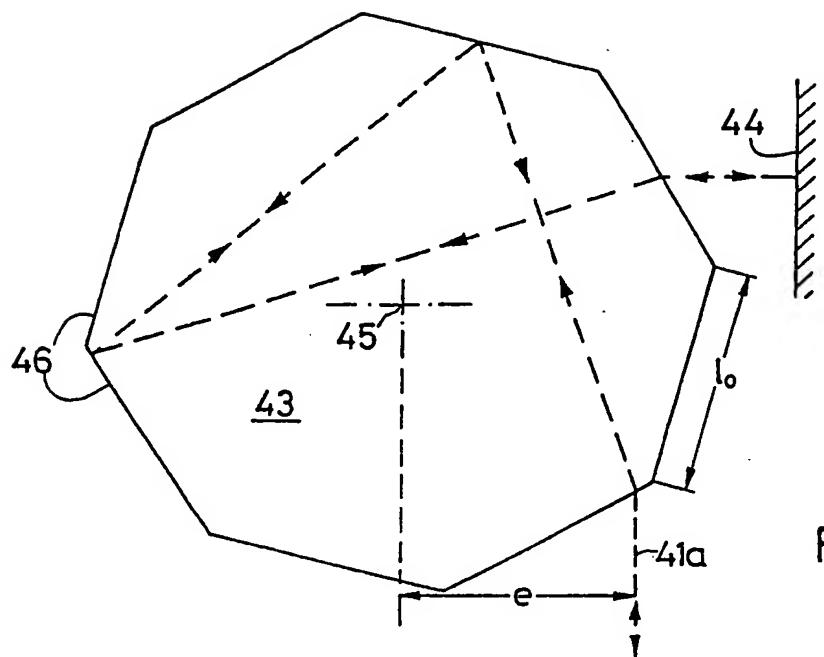


Fig. 7

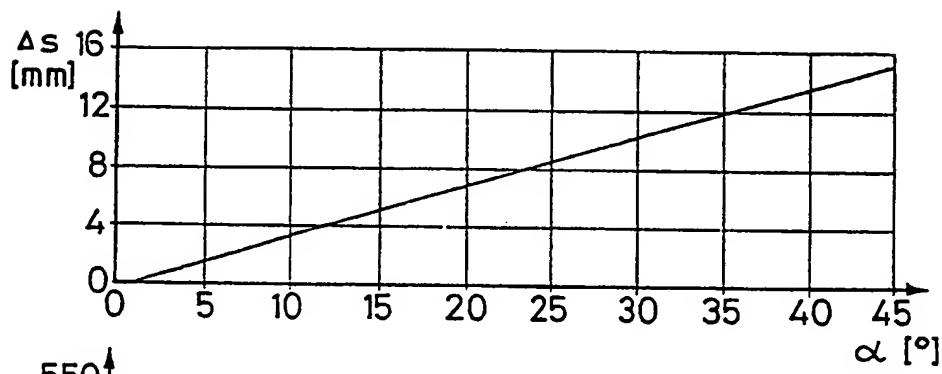
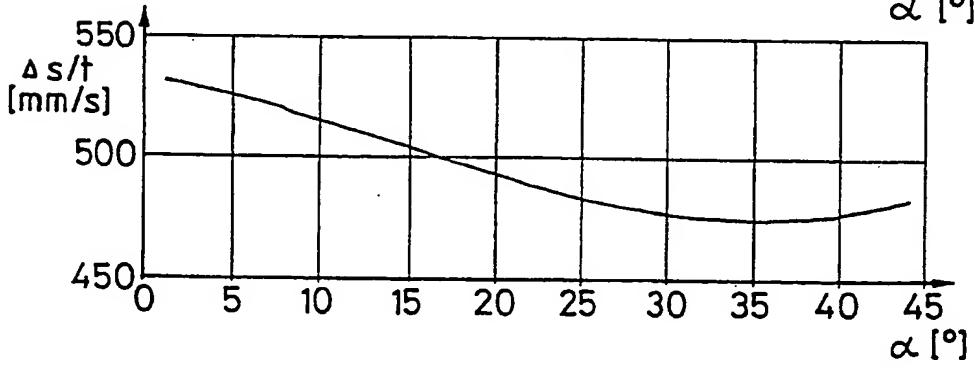


Fig. 8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Jnl Application No  
PCT/CH 96/00172

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G01B9/02 A61B3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G01B A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	APPLIED OPTICS, vol. 30, no. 21, 1991 - 20 July 1991, NEW YORK, NY, USA, pages 2975-2979, XP000216446 B.L. DANIELSON, C.Y. BOISROBERT: "Absolute Optical Ranging using Low Coherence Interferometry" see the whole description; see figure 1 ---	1,7-10
Y	GB,A,2 069 169 (DIETER SCHMOCKEL ET AL.) 19 August 1981 see the whole document; see figures 1-4 ---	1
Y	GB,A,2 069 169 (DIETER SCHMOCKEL ET AL.) 19 August 1981 see the whole document; see figures 1-4 ---	1
A	EP,A,0 636 858 (JENOPTIK GMBH) 1 February 1995 see the whole document; -----	1,7,8

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 August 1996

Date of mailing of the international search report

26.08.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visser, F

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 96/00172

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A-2069169	19-08-81	NONE	
EP-A-636858	01-02-95	DE-A- 4325758	02-02-95

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 96/00172

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 G01B9/02 A61B3/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01B A61B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	APPLIED OPTICS, Bd. 30, Nr. 21, 1991 - 20.Juli 1991, NEW YORK, NY, USA, Seiten 2975-2979, XP000216446 B.L. DANIELSON, C.Y. BOISROBERT: "Absolute Optical Ranging using Low Coherence Interferometry" siehe die gesamte beschreibung; siehe Abbildung 1 ---	1,7-10
Y	---	1
Y	GB,A,2 069 169 (DIETER SCHMOCKEL ET AL.) 19.August 1981 siehe das gesamte Druckschrift; siehe Abbildungen 1-4 ---	1
A	EP,A,0 636 858 (JENOPTIK GMBH) 1.Februar 1995 siehe das gesamte Druckschrift; -----	1,7,8

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erforschung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

2

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

1.August 1996

26.08.96

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Visser, F

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/CH 96/00172**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB-A-2069169	19-08-81	KEINE	
EP-A-636858	01-02-95	DE-A- 4325758	02-02-95

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**